



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN



Vom Ökonomischen Trade-Off zwischen grüner Wasserstoff- und Stromerzeugung für ausgewählte erneuerbare Energietechnologien in Österreich

13. Internationale Energiewirtschaftstagung
Energie-/Klimapolitik, Versorgungssicherheit
TU Wien, 15-17. Februar, 2023
Jakob Svolba, Sebastian Zwickl- Bernhard

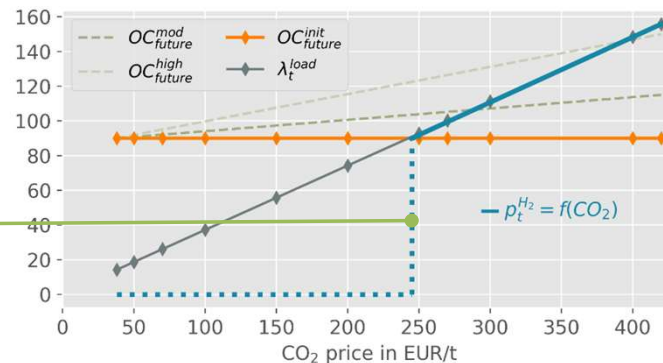
Kontakt: jakob.svolba@gmx.at

Zwickl-Bernhard, S., & Auer, H. (2022). Green hydrogen from hydropower: A non-cooperative modeling approach assessing the profitability gap and future business cases.

Motivation und Problemstellung:

- Für einen Stromerzeuger (z.B. Wasserkraftwerksbetreiber) stellt sich die ökonomische Entscheidung bzw. der Trade-off zwischen Stromhandel (Futures, Spot) und grüner Wasserstoffproduktion

Höhere Einnahmen durch Wasserstoffproduktion gegenüber Stromhandel bei 245 EUR / tCO₂.



Wesentliche Schlussfolgerungen und Erkenntnisse:

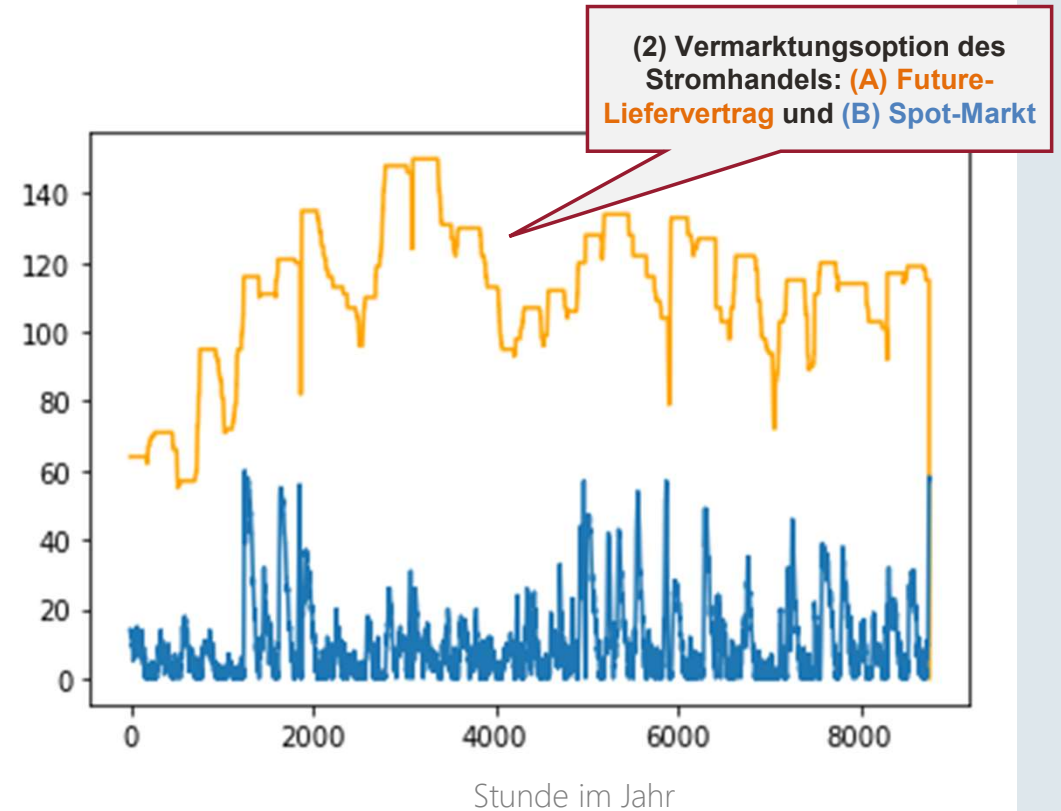
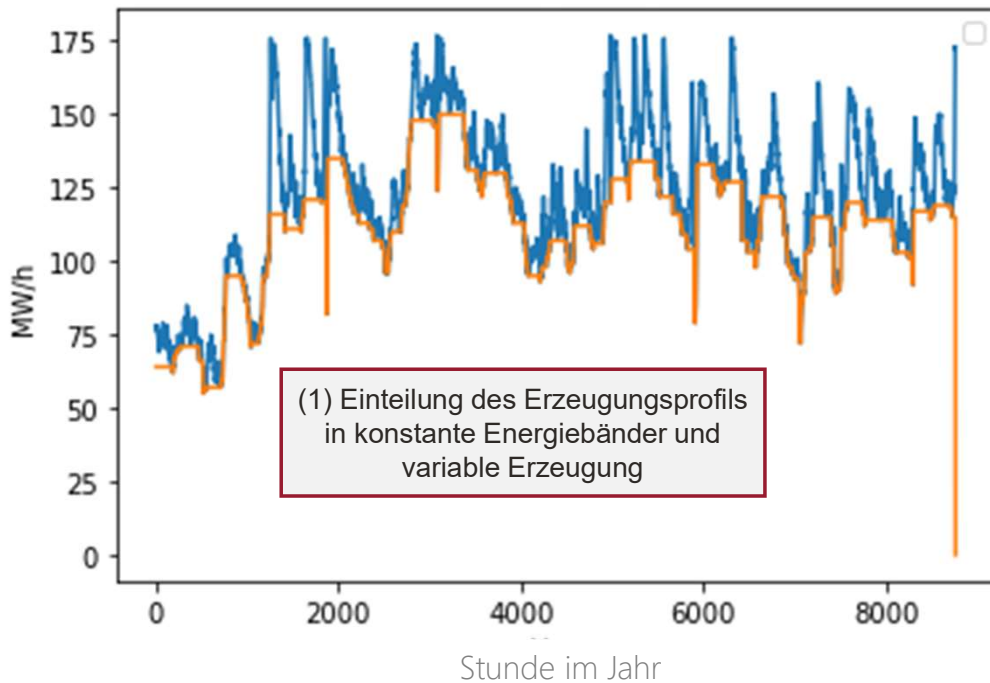
- Keine profitable grüne Wasserstoffproduktion in der untersuchten Marktumgebung (EEX, 2020)
- Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff durch erhöhte CO₂ Bepreisung bzw. Zahlungsbereitschaft der Wasserstoffabnehmer

Neuheiten und Fortschritt dieser Arbeit

- Entwicklung eines simplifizierten methodischen Ansatzes zur Analyse der Produktion von grünem Wasserstoff
 - Vereinfachte Quantifizierung der Strom- und Wasserstoffeinkünfte
 - Allokation der zur Verfügung stehenden Erzeugungsmengen entsprechend den höheren (erwarteten) Einnahmen aus Strom und Wasserstoff
- Erweiterung des untersuchten Technologieportfolios
 - Wasserkraft; Windkraft; Photovoltaik
 - Analyse der technologie-spezifischen Erzeugungsprofile und deren Auswirkungen
- Unterteilung der (erwarteten) Erzeugungsprofile der unterschiedlichen Technologien in konstante Energiebänder und variable Erzeugung
 - Trade-Off zwischen verschiedenen Strom-Future Lieferverträgen (z.B. Woche, Jahr, etc.), dem kurzfristigen Spot-Markt und der Wasserstoffproduktion

Überblick des methodischen Ansatzes (1 / 2)

Unterteilung des Erzeugungssprofils in konstante Energiebänder und variable Erzeugung



Schematische Darstellung der Einteilung des Erzeugungssprofils eines repräsentativen Wasserkraftwerks

Überblick des methodischen Ansatzes (2 / 2)

Iteratives Berechnungsverfahren:

1. Berechnung der Einnahmen durch Strom- oder Wasserstoffverkäufe
(Volllaststunden Elektrolyseur geschätzt)
2. Allokation der Energie entsprechend den höheren Einnahmen
3. Berechnung der tatsächlichen Volllaststunden des Elektrolyseurs
4. Wiederholung von 1. mit neu berechneten Volllaststunden

Abbruchkriterium: Volllaststunden zweier Iterationen sind in einem Intervall von +/-50 Stunden

Mathematische Formulierung:

R_{el} ... Einnahmen Stromverkäufe

R_{hy} ... Einnahmen Wasserstoffverkäufe

$LCOH$... Wasserstoffgestehungskosten

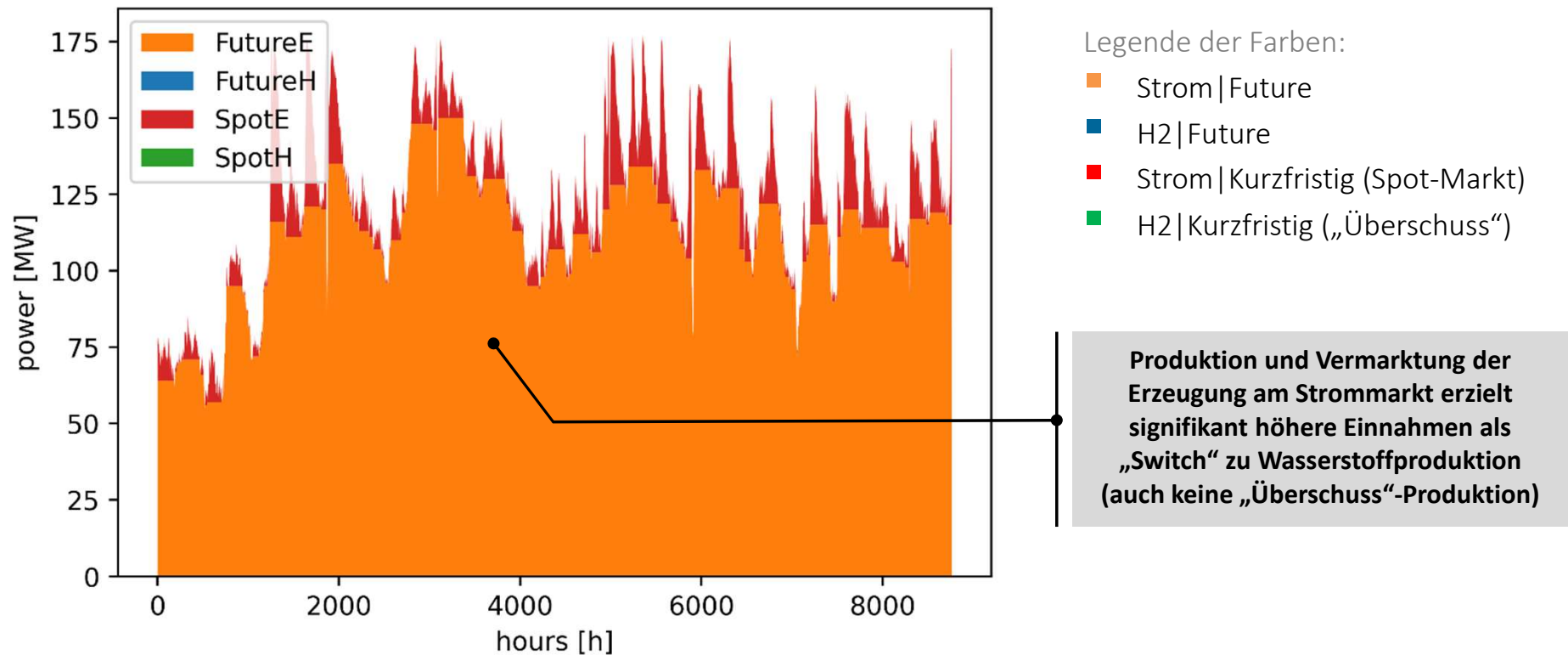
T ... Volllaststunden Elektrolyseur

$$R_{el} = E_{el} \cdot p_{el}$$

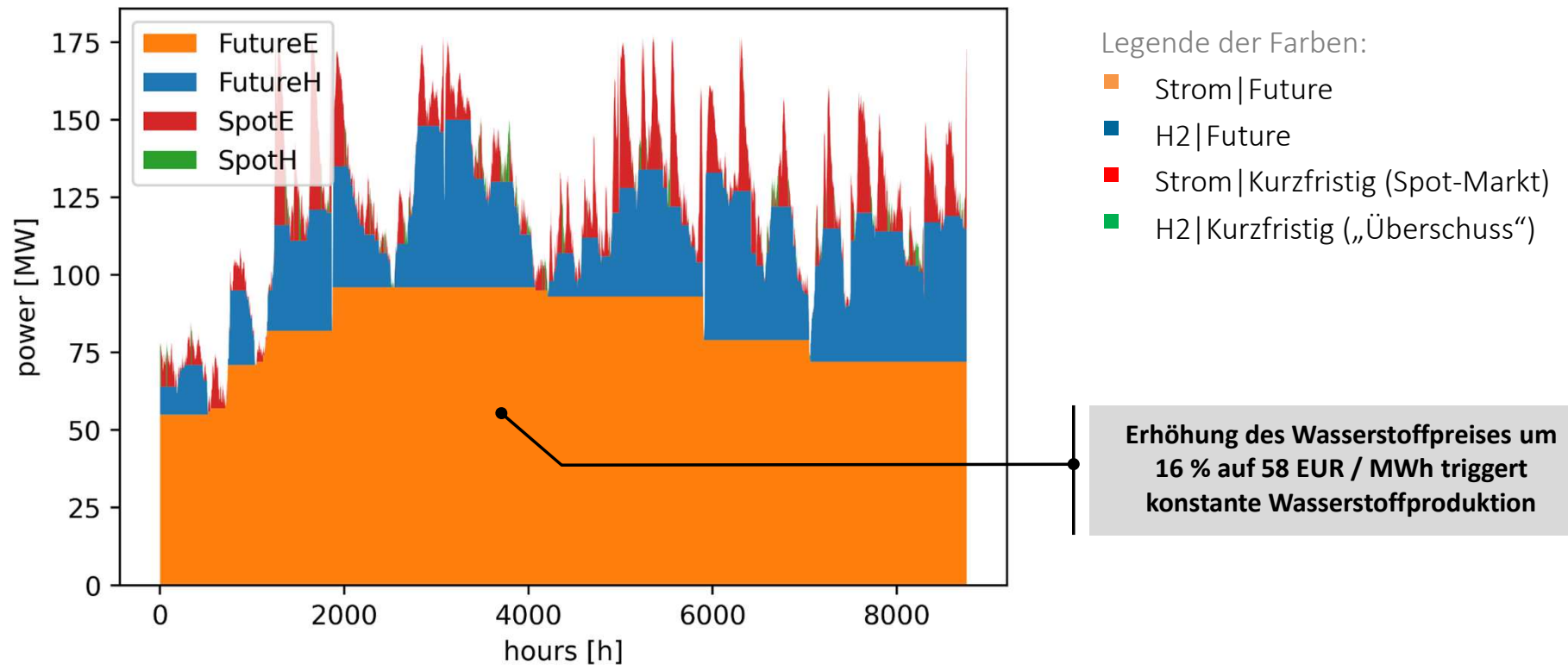
$$R_{hy} = E_{hy} \cdot (p_{hy} - LCOH)$$

$$LCOH = \frac{c_c \cdot CRF}{T}$$

Strompreis: 33 EUR / MWh (jährlicher Future); Wasserstoffpreis: 50 EUR / MWh

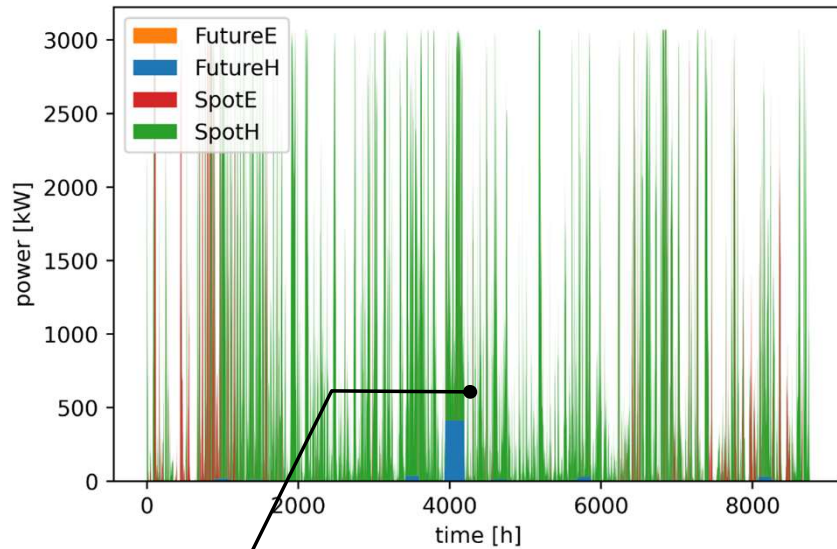


Strompreis: 33 EUR / MWh (jährlicher Future); Wasserstoffpreis: 58 EUR / MWh



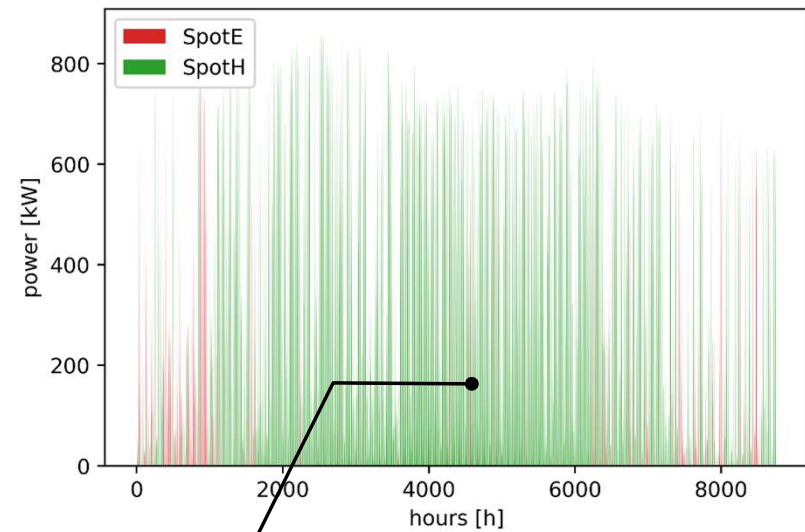
Wesentliche Ergebnisse: Wind & Photovoltaik

Wind



Notwendiger Wasserstoffpreis bei Onshore-Wind: ca. 120 EUR / MWh

Photovoltaik



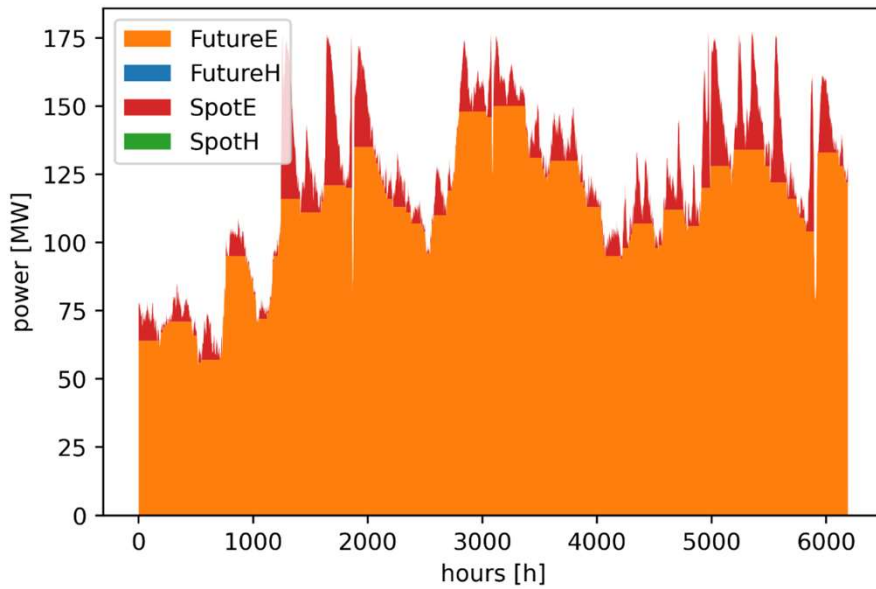
Notwendiger Wasserstoffpreis bei Photovoltaik: ca. 150 EUR / MWh

Wirkt sich die derzeitige Preisentwicklung positiv oder negativ auf grüne Wasserstoffproduktion aus?

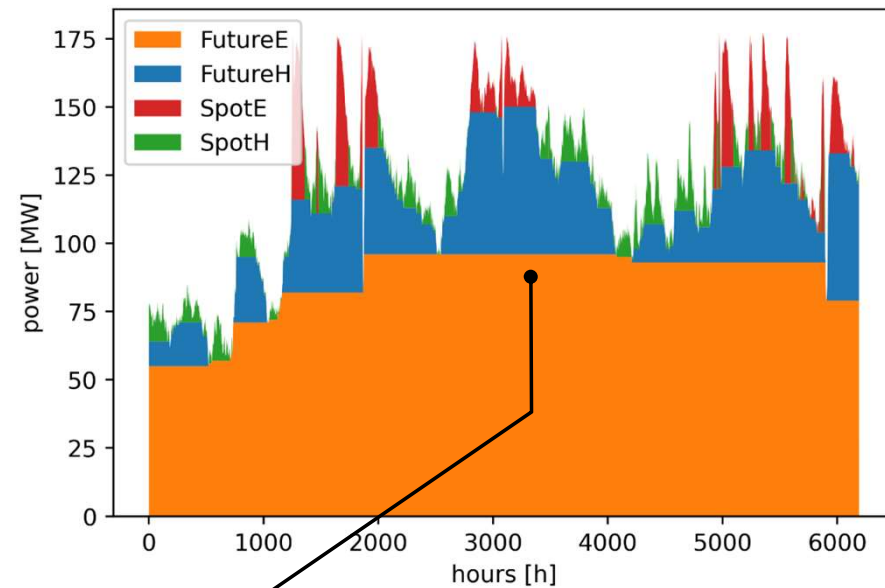
- Wasserkraft- Zeitreihe von Jänner bis September 2022 ausgewertet
- Durchschnittlicher Wasserstoffpreis: 365€/MWh^[1]

[1] Hydex - Wasserstoffindex <https://www.e-bridge.de/>

Wasserstoffpreis: 365€/MWh



Wasserstoffpreis: 900€/MWh



+ 150% des Wasserstoffpreises gegenüber tatsächlichem Marktpreis triggert grüne Wasserstoffproduktion

- Produktion von grünem Wasserstoff in Österreich unter derzeitigen Marktpreisen von Strom und Wasserstoff nicht profitabel
- Erst erhöhte Zahlungsbereitschaft potenzieller Wasserstoffabnehmer (z.B. durch CO₂-Bepreisung) triggert grüne Wasserstoffproduktion
- Keine profitable grüne Wasserstoffproduktion aus „Überschuss-Strom“
- Konstante Erzeugungsbänder des Erzeugungsprofils fördern grüne Wasserstoffproduktion → Hohe Auslastung der Elektrolyseure
- Auch Rekord-Energiepreise im Jahr 2022 haben grüne Wasserstoffproduktion nicht getriggert bzw. verstärkt
- Zahlungsbereitschafts-Gap für grünen Wasserstoff 2022 im Vergleich zu 2017 vergrößert